©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Die Schwammspinnergradation 1991–1993 im Raum Frankfurt am Main: Erste Kommentare (Lepidoptera, Lymantriidae)

von

Wolfgang A. NÄSSIG und Petra ZUB

Zusammenfassung: Der Schwammspinner *Lymantria dispar* L. (Lymantriidae) ist eine natürlicherweise in Mitteleuropa vorkommende Art mit einer Tendenz zu Massenvermehrungen an Eichen. Kalamitäten werden in erster Linie durch drei Faktoren ausgelöst: 1. Austrocknung der Wälder durch Grundwasserabsenkungen, 2. Schädigung der Bäume durch Emissionen der menschlichen Industriegesellschaft; diese beiden Faktoren führen zu einer Auslichtung der Wälder und damit zu vermehrter Sonneneinstrahlung mit wärmerem Mikroklima und höherem Nährstoffgehalt im Laub. Kommt als 3. Faktor noch eine Folge von klimatisch günstigen (warm-trockenen) Frühsommern (während der Raupenzeit) hinzu, ist eine Massenvermehrung des Schwammspinners geradezu eine zwangsläufige Folge. Die Gradation führte 1993 lokal zu Kahlfraß. Dieser Kahlfraß wird jedoch nicht als ein den Wald insgesamt bedrohender Faktor angesehen, da Laubbäume ausreichende Mechanismen zur Wiederbegrünung besitzen; Bekämpfungsmaßnahmen werden für im Regelfall unnötig erachtet. Wenn dennoch eine Bekämpfung z. B. in stark vorgeschädigten Wäldern durchgeführt wird, sollte man auf natürliche Krankheitserreger wie Kernpolyederviren in Kombination mit *Bacillus thuringiensis kurstaki* zurückgreifen. Von der Verwendung von chemischen Wirkstoffen wie Dimilin muß dringend abgeraten werden, weil dieses zu breit wirksam ist (also auch die natürlichen Gegenspieler des Schwammspinners sowie begleitende, nicht schädigende Arten mit abtötet) und seine Wirksamkeit zu lange anhält. In jedem Fall sind bei einer Bekämpfung begleitende Forschungsmaßnahmen notwendig, um die Effektivität der Maßnahme und die Nebenwirkungen sowie langfristige Auswirkungen auf das Ökosystem zu untersuchen. Zur Erhaltung der Wälder müssen andere Maßnahmen wie Wiedererhöhung des Grundwasserspiegels, Reduktion der schädigenden Emissionen und naturnahe Waldwirtschaft mit einheimischen Baumarten in ökologisch passend gemischten Beständen Vorrang haben; mit Begiftungsmaßnahmen ist das Ökosystem Wald nicht zu erhalten.

Nachr. entomol. Ver. Apollo, Frankfurt/Main, N.F. **14** (4): 301–324, Januar 1994; ISSN 0723-9912.

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

The gypsy moth gradation near Frankfurt am Main in 1991–1993: First comments (Lepidoptera, Lymantriidae)

Abstract: The gypsy moth, *Lymantria dispar* L. (Lymantriidae) is a species naturally occurring in Central Europe with a tendency to gradations on oaks. Defoliating outbreaks are supported 1. by dessiccation of the forests (e.g. by permanently lowering the ground water stand) and 2. by the influence of anthropogenous pollution. These two factors result in a loosening up of the canopies and even in partial loss of trees, thereby allowing more sun to heat the forest up, and a higher content of assimilation products (i.e., nutrients) in the leaves due to high transpiration. When hot and dry springs and summers coincide as a third factor, an outbreak is nearly inevitable. In summer 1993, there were locally severe defoliations in the forests south of Frankfurt and elsewhere in southern Germany. This defoliation is not seen as an important risk for the forest as a whole, because generally deciduous trees have sufficient ways to cope with such influences. In general, treatment with pesticides seems to be unnecessary. However, if a pesticide treatment measure is taken, we urgently suggest to use biological methods like nuclear polyhedrosis viruses combined with *Bacillus thuringiensis kurstaki*. We urge not to use chemical pesticides like Dimilin (diflubenzurone) as it is not sufficiently specific (killing the natural antagonists of the gypsy moth and other lepidopteran species as well) and is too long persisting in nature (after two years still killing caterpillars in Spain). Accompanying research to study the efficiency of a pesticide treatment and its influences on non-target Lepidoptera and other insects as well as on the ecosystem is necessary in any case. Seen on the longer term, measures like re-hydrating the forests and forest management by use of autochthonous tree species in mixed stands of different ages seem to be the only promising perspective to keep the forests alive. We cannot save the forests by poisoning them.

Einleitung

Vorbemerkung: *Diese – durchaus vorläufigen Charakter tragende – Stellungnahme basiert unter anderem auf einem Manuskript, das von Christian* VON BETHMANN *und den beiden Autoren dieses Beitrags im Spätsommer 1993 für den Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND, Landesverband Hessen) zusammengestellt wurde und nach einer Ergänzung und redaktionellen Überarbeitung durch den BUND, den Nabu (Naturschutzbund Deutschland e. V., Landesverband Hessen), die HGON (Hessische Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz e. V.) und die BVNH (Botanische Vereinigung für Naturschutz in Hessen e. V.) als eine gemeinsame Stellungnahme dieser Verbände herausgegeben wurde. Wir haben weitere Recherchen durchgeführt, wodurch der Umfang wesentlich erweitert wurde.*

Die Massenvermehrung des Schwammspinners *Lymantria dispar* (LINNAEUS 1758) im Sommer 1993, die an einigen Stellen in Südhessen, Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz durch Kahlfraß an Eichen und anderen Laubbäumen auffiel, hat sensationell aufgemachte Berichterstattung in Tageszeitungen und Funkmedien nach sich gezogen und zu hektischer Betriebsamkeit

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

bei betroffenen Forstleuten und Waldbesitzern sowie Kommunalpolitikern geführt. Da nunmehr die Gefahr besteht, daß ein vermeintlicher Handlungszwang in einen massiven Gifteinsatz in unseren Wäldern mündet, der aus ökologischer Sicht erhebliche Schäden bei noch unklarem Nutzen nach sich ziehen wird, und da insgesamt bisher kaum objektive Lageanalysen gemacht wurden, sehen wir uns veranlaßt, Fakten aus Sicht der Entomologen zusammenzutragen. Leider sind viele Teilfragen noch immer nicht untersucht: bisher hat beispielsweise das Land Hessen noch keine Mittel bereitgestellt, um die Auswirkungen einer Schwammspinnerkalamität und ihrer Bekämpfung auf die übrige Schmetterlingsfauna und gar auf das gesamte Ökosystem eines Waldes zu untersuchen; auch über die tatsächlichen Gründe für das Absterben einzelner Bäume in kahlgefressenen Wäldern gibt es bisher keine Untersuchungen, und es ist leichtfertig und unzulässig, alle toten Bäume a priori den Raupen anzulasten. Die Grundlagenforschung ist etwa in Nordamerika, wo der Schwammspinner nicht natürlicherweise heimisch ist, weitaus intensiver und weiter gediehen als im deutschen Sprachraum (vergleiche u. a. LEONARD 1974).

Dank. Wir danken C. VON BETHMANN (Frankfurt), H. BATHON (Darmstadt), K. FIEDLER (Würzburg) und T. NORGALL (Mörfelden-Walldorf) für kritische Kommentare zum Manuskript und weitere Unterstützung. H. KINKLER (Leverkusen), P. M. KRISTAL (Bürstadt), A. SCHMIDT (Bassenheim) sowie andere Entomologen haben uns Beobachtungen und Literaturzitate zur Verfügung gestellt.

1. Faunistik, Verhalten und Ökologie des Schwammspinners in Hessen

Die Meldungen in den Funk- und Druckmedien zeichnen sich durch teilweise krasse Fehleinschätzungen der faunistischen Situation des Schwammspinners in Deutschland wie auch seines Vermehrungspotentials und seiner Biologie und Ökologie aus. Bedauerlicherweise hat auch die bisher erste Stellungnahme in einer entomologischen Zeitschrift (KRAUS & VON DER DUNK 1993) trotz vorgeblicher Bemühung um Objektivität einige relevante Fehler und Ungenauigkeiten (teils aus forstzoologischer Literatur) kolportiert, denen wir hier aus Platzgründen nicht im einzelnen nachgehen können.

Viele Medienmeldungen im Sommer 1993 schilderten den Schwammspinner als eine quasi „überraschend aus Süd[ost]europa über uns hergefallene Plage". Die komplexen Vorgänge, die hinter einer Massenvermehrung einer Insektenart stecken, wurden meist gänzlich ignoriert. Weder ist der Schwammspinner eine exotische Art, noch ist prinzipiell seine Fähigkeit zu Massenvermehrungen eine Überraschung. Wir möchten aufzeigen, daß durch die Kombination mehrerer längst bekannter Faktoren die Schwammspinnerkalamität geradezu zwangsläufig erfolgen mußte.

1.1. Faunistische Situation

Über die Verbreitung von *Lymantria dispar* in Deutschland gab es schon früher Kenntnislücken (siehe LOBENSTEIN 1976). Der Schwammspinner ist nicht etwa

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

neu in Deutschland, sondern eine seit Beginn der faunistischen Erforschung aus zumindest den südlicheren Landesteilen bekannte Art, die auch schon immer zu Massenvermehrungen mit Kahlfraß geneigt hat. Ein kleiner Auszug aus deutschen Faunenlisten der letzten 140 Jahre soll das verdeutlichen:

Schon KOCH (1856: 73) vermeldet (bezogen besonders auf den Raum Frankfurt): „Allenthalben grösstentheils häufig; soll dagegen bei Giessen fehlen; was jedoch vielleicht nur zeitweise der Fall ist, da sie nach älteren Berichten auch dort in Anzahl getroffen wurde. Die Schmetterlinge verlassen Ende Juli, Anfangs August die Puppen. Die Raupen auf Eichen und Obstbäumen, letzteren manchmal schädlich."

HEINEMANN (1859: 241–242) schreibt (Schwerpunkt Umgebung Braunschweig, aber Angaben aus ganz S- und SW-Deutschland sind eingearbeitet): „Ueberall gemein. Raupe auf Laubholz und Obstbäumen."

GLASER (1863: 129–130) meldet mit Schwerpunkt Umgebung Darmstadt: „Das ♂ fliegt von Ende Juli an im August in Gärten und Wäldern nach dem an Stämmen und Gebüschen träg festsitzenden ♀ unruhig umher. In ganz Oberhessen fehlt diese Phalaene *[vergleiche SPEYER 1867!]*, ist aber in den milderen Main- und Rheingegenden und der Provinz Starkenburg, namentlich um Darmstadt und in der Bergstraße gemein. Frhr. v. SCHENCK sah bei Darmstadt ganze Eichendistrikte von ihren Raupen entblättert; auch leiden dort die Obstgärten nicht selten von ihnen. Das ♀ setzt seine Eier in einem schwammartigen Polster an Obst- und Waldbäumen, selbst an Spalieren und Wänden ab und die Raupengesellschaften werden dem Spalierobst zuweilen verderblich."

SPEYER (1867: 181) meldet aus Nordhessen, Fürstentum Waldeck: „Eine grosse Seltenheit! Dr. KREUSLER (Arolsen) fand je eine Raupe Mitte Juni 1857 und Ende Juli 1858 bei Arolsen an Pappeln. Auch bei Korbach soll sie einmal gefunden sein."

Aus modernerer Zeit meldet STEEG (1961: 29, Schwerpunkt Frankfurt am Main): „Tritt in manchen Jahren als großer Schädling auf. Juli bis August überall im Gebiet."

KRISTAL (1980: 20, Hessisches Ried) meldet: „Überall stets häufig, jahrweise sogar gemein in den Buchen- und Eichenbeständen des Lorscher und Jägersburger Waldes. Die tagaktiven Männchen kommen nachts zahlreich zum Licht."

Schließlich SCHROTH (1984: 16–17, Umgebung Hanau): „Jahrelang nur sporadische Vorkommen, meist August. 1983 auffällige Häufigkeit der Raupen bei Froschhausen."

DE FREINA & WITT (1987) geben als Gesamtverbreitungsgebiet von *Lymantria dispar* L. ganz Europa (nördlich bis Südengland und Südskandinavien), Nordwestafrika, Kleinasien bis Persien und bis Ostsibirien sowie bis Japan (dort eine eigenständige Unterart) an.

Das Vorkommen von *Lymantria dispar* in Deutschland kann demnach so charakterisiert werden: in klimatisch begünstigten Lagen (also insbesondere im Süden) in Laubwaldgebieten, Streuobstflächen und Buschwäldern eine gängige und häufige Art mit einer Tendenz zu Massenvermehrungen unter besonderen Wärmebedingungen; hingegen im Norden, in den höheren Lagen der Mittelgebirge und Alpen sowie in großflächigen Nadelwaldgebieten eher selten bis stellenweise vielleicht auch fehlend. Als Kulturfolger auch in Gärten und Parks jederzeit zu finden. Wahrscheinlich in Deutschland fast flächendeckend vorkommend.

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Aus eigenen Angaben und Meldungen von Freunden können wir folgendes Bild für den Raum Frankfurt angeben: In den Jahren von etwa 1970 bis Ende der achtziger Jahre war die Art immer nur einzeln zu finden; stets einige Männchen im Hochsommer (Ende Juli bis Mitte August) am Licht, keine Weibchen darunter; im Frühling vereinzelte Raupenfunde (hauptsächlich an Eichen und Obstbäumen, aber auch anderen Laubbäumen). Bereits etwa 1987, 1988 setzte eine merkliche Vermehrung des Schwammspinners im Schwanheimer Wald ein; Konrad FIEDLER, der zu dieser Zeit in der Frankfurt-Schwanheimer Siedlung Goldstein wohnte, konnte schon damals gehäuft Männchen und gelegentlich Weibchen beobachten; schon 1989/90 war uns klar, daß sich dort eine Massenvermehrung aufbaute, die dann nach den vier warmen Frühsommern 1990–1993 auch prompt eintrat. Seit 1992 ist auch beispielsweise im Mühlheimer Stadtteil Lämmerspiel (Kreis Offenbach/Main) auffällig häufiges Vorkommen von *L. dispar* zu beobachten, auch mit Weibchen darunter. (Eine Massenvermehrung erwarten wir im Raum Lämmerspiel nicht unbedingt oder nur in der Ortslage, weil die Wälder dort auf Auenlehmböden mit hohem Grundwasserstand verhältnismäßig feucht sind und bisher keine auffällige Raupengradation in Eichenparzellen feststellbar ist. Interessanterweise ist in Ortslage auch die nah verwandte Art *Lymantria monacha* L. häufiger geworden, die als Schädling nur in Nadelwäldern bekannt ist; im Ort frißt sie auf Ziergewächsen der Familie Rosaceae.)

Das Auftreten von Massenvermehrungen mit folgendem Kahlfraß 1993 hat also nur Forstleute und Politiker sowie die Zeitungen überrascht, nicht aber die (wenigen) hessischen entomologischen Fachleute, die das langsame Anschwellen der Populationen längst beobachtet hatten und teilweise bereits 1991/1992 an ungläubige Förster weitergegeben hatten (KRISTAL, pers. Mitt.).

1.2. Ökologie und Verhalten der Art

Lymantria dispar, der Schwammspinner, ist eine in der Regel einbrütige Art, die im Eistadium überwintert. Die Raupen schlüpfen im Frühjahr zum Laubaustrieb und fressen normalerweise etwa bis Juli. Dann verpuppen sie sich in einem dürftigen Gespinst im Laubwerk oder in Rindenritzen, und etwa 2 Wochen später schlüpfen die Falter. Die ♂♂ sind tag- und nachtaktiv; beide Geschlechter nehmen während ihrer kurzen Lebenszeit (nur wenige Tage) keine Nahrung auf. Die Weibchen legen die Eier in großen Gelegen ab, die mit der Afterwolle bedeckt und geschützt werden („schwammförmiges" Gelege, daher der Name). Weitere Details zur Biologie siehe in einschlägigen entomologischen Standardwerken oder z. B. bei LANCE (1983).

Der Schwammspinner ist eine Art mit verhältnismäßig breiter ökologischer Valenz, jedoch mit einer deutlichen Bevorzugung warm-trockener Klimate. Seine Futterpflanzen umfassen eine breite Vielfalt von Laubhölzern (potentiell fast alle einheimischen Familien von Laubbäumen); bei Futtermangel durch Kahlfraß können auch verschiedene Kräuter und Nadelbäume gefressen werden. Wegen des breiten Futterpflanzenspektrums ist die Art in ihrer Ausbreitung im wesentlichen nur durch das Klima begrenzt. Massenvermehrungen und Kalamitäten treten hingegen offenbar vorwiegend in Verbindung mit Eichen (in Mitteleuropa hauptsächlich *Quercus robur,* im Süden auch gern *Q. pubescens*), nur gelegentlich auch zumindest früher in Streuobstflächen auf, auch wenn eine

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

bestehende Gradation dann nicht mehr auf Eichen beschränkt bleibt; die Eichen müssen in Deutschland als Hauptfutterpflanzen der Art gelten. Dies hängt sicherlich mit unterschiedlicher Verträglichkeit und Ausnutzbarkeit der Inhaltsstoffe der verschiedenen Pflanzenarten zusammen (vergleiche z. B. LANCE 1983, MILLER & FEENY 1983, BOWERS & PUTTICK 1989).

Auffällig beim Kahlfraß 1993 im Frankfurter Stadtwald zwischen Bahnhof Sportfeld und Frankfurter Kreuz war (und wohl auch im Zusammenhang mit dem Thema sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe zu sehen), daß die Raupen bestimmte Pflanzen oder Pflanzenteile nicht akzeptiert haben. Bei Kiefern (*Pinus sylvestris*) beispielsweise wurden die frischen Triebe größtenteils verschmäht und nur die alten Nadeln gefressen (Abb. 1), weswegen für die Kiefern in den Schonungen auch keine ernsthafte Gefahr bestand. Hingegen wurden beispielsweise junge *Tsuga*-Fichten (Helmlocktannen) vollständig entnadelt und vertrockneten. Holunder (*Sambucus nigra*) und Robinien (*Robinia pseudoacacia*) wurden nur sehr ungern befressen.

Die Hauptmortalitätsfaktoren für die Schwammspinner sind (wie wahrscheinlich bei der überwältigenden Mehrzahl aller Insekten) witterungsbedingter Art. Die Eigelege sind mit der Afterwolle der Weibchen bedeckt und kaum durch Witterungseinflüsse (außer Spätfrösten) gefährdet; Mortalität im Eistadium fällt nur durch Prädatoren und Eiparasiten an und spielt außerhalb von Gradationen

Abb. 1: Jungbestand von Kiefern und Buchen nach dem Schwammspinnerkahlfraß. An den Kiefern sind nur die alten Nadeln abgefressen, der Trieb von 1993 ist noch fast vollständig vorhanden. Die Schwammspinner sind dort schon alle verpuppt. (Aufn. 22. vi. 1993, Frankfurter Stadtwald nahe Bhf. Sportfeld, P. ZUB.)

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

keine große Rolle. Die Hauptmortalität fällt im Raupenstadium an; schlechtes, das heißt nasses und kaltes, Wetter dürfte in normalen Jahren den größten Zoll fordern; außerdem greifen die meisten Prädatoren und Parasitoide sowie Krankheitserreger (Viren, Bakterien, Einzeller, Pilze) im Raupenstadium an. Die Raupen sind kurz nach dem Schlüpfen in ihrer Verbreitungsphase am stärksten durch Prädatoren gefährdet, insbesondere wenn sie auf dem Boden gelandet sind (vergl. WESELOH 1989, 1990); später überwiegen Krankheitserreger und Parasitoide. Im Puppenstadium treten primär Prädatoren auf, sowie Verluste, die durch Befall während der Raupenzeit mit Parasitoiden oder Krankheitserregern ausgelöst wurden. Die Imago ist dann primär nur noch durch Prädatoren gefährdet. Witterungsbedingte Mortalität trifft (vielleicht mit Ausnahme der Eischwämme) jedes Stadium.

Die Ausbreitung der Art findet auf zweierlei Weise statt: erstens durch den Flug der ♀♀, die ihre Eigelege überallhin ablegen können; zweitens durch das passive Verdriften der leichten, langbehaarten Jungraupen durch die Luft sowie (bei Futtermangel) durch das „Erlaufen" neuer Futterquellen durch ältere Raupen, die recht schnell (bis zu 200 m/h nach KRAUS & VON DER DUNK) und ausdauernd sind. (Zum Aufsuchen neuer Nahrungsquellen durch die laufenden Raupen vergleiche LANCE 1983, RODEN et al. 1990, 1992; zur Prädation während des Aufenhalts auf dem Waldboden siehe u. a. WESELOH 1988) Auch wenn die Imagines kurzlebig sind und weiterhin die ♀♀ (im Gegensatz zu den ♂♂) keine besonders guten und ausdauernden Flieger sind, ist der Faktor „Weibchenflug" nicht zu unterschätzen. Die Angaben bei WELLENSTEIN & SCHWENKE (1978), die ♀♀ würden gar nicht fliegen, sind so nicht richtig. Zwar findet man in normalen Flugjahren nur ganz selten einmal ein fliegendes *dispar*-♀, jedoch ist dies eher ein statistisches Problem: Wenn pro Hektar Wald nur 1–5 ♀♀ leben, ist die Chance, daß man sie bei ihrem (womöglich einzigen und nur kurze Strecken bewältigenden, nächtlichen) Flug zu Gesicht bekommt, fast gleich Null; kommen hingegen auf der gleichen Fläche einige zehntausend bis hunderttausend Falter vor, kann man die Weibchen nicht mehr übersehen. Von einer Änderung des Flugverhaltens der ♀♀, die von einigen Forstleuten befürchtet wurde, kann höchstens insoweit die Rede sein, daß erstens aus rein physikalischen Gründen während einer Gradation die Weibchen, die von unzureichend ernährten Raupen abstammen, wesentlich leichter sind und deswegen auch besser fliegen können (jedoch wurden 1992/93 auch voll ausgewachsene, noch den kompletten Eivorrat tragende, schwere Weibchen durchaus gut fliegend im Ort Mühlheim-Lämmerspiel, wo bisher keine Gradation besteht, beobachtet) und zweitens die große Dichte der Falter zu häufigen gegenseitigen Störungen führt und deswegen die Flugbereitschaft der Individuen größer sein dürfte. Es fehlt bisher jedoch an Belegen für echte Verhaltensänderungen.

Die extrem heiße Witterung im Frühsommer 1993 in Verbindung mit dem frühzeitigen Futtermangel durch Kahlfraß (vorzeitige Notverpuppungen!) führte dazu, daß die ersten Falter in den Kahlfraßgebieten schon im Juni flogen, also gut 4–6 Wochen früher als in normalen Jahren (Hauptflugzeit etwa ab Anfang Juli). Die Gesamtflugperiode außerhalb der Gradationsflächen dauerte 1993 im Rhein-Main-Gebiet allerdings doch noch ganz normal bis Mitte Au-

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

gust. Aus den viel zu früh im Juni abgelegten Eigelegen sind dann im Laufe des Sommers offenbar gelegentlich Raupen ohne Winterdiapause geschlüpft, was die vereinzelten Beobachtungen von Raupen im August/September und sogar von einzelnen Faltern im September erklärt. Laut amerikanischen Untersuchungen an der dort eingeschleppten Population von *Lymantria dispar* (WELLENSTEIN & SCHWENKE 1978: 338; ohne Zitat mitgeteilt von Mitarbeitern der BBA Darmstadt, Institut für Biologische Schädlingsbekämpfung) tritt etwa bei bis zu 4 % der Eier unter günstigen Klimabedingungen vorzeitiger Schlupf auf; jedoch dürfte kaum eine der verfrüht geschlüpften Raupen zu einer Vermehrung kommen; eine echte zweite Generation ist wohl ausgeschlossen. Insbesondere das kühl-feuchte Wetter im Spätsommer 1993 dürfte einer weiteren Vermehrung entgegengestanden haben.

Schwammspinner sind für ihre Fähigkeit zur Massenvermehrung bekannt; in Südeuropa treten sie mehr oder weniger regelmäßig als Kahlfresser in Eichenwäldern auf, und auch in Deutschland kann man das beobachten: Zwischen etwa 1975 und 1986 waren wir fast jedes Jahr auf Exkursionen des Zoologischen Instituts der Universität Frankfurt im Nahetal (Rheinland-Pfalz) im Raum Bad Münster am Stein. Auf den heißen, trockenen Porphyrsteilhängen des Rotenfels-Massivs konnten wir in dieser Zeit fast jedes Mal im Juni Massen von Schwammspinnerraupen beobachten, in einigen Jahren in geradezu unvorstellbaren Mengen; die Eichen waren in mehreren Jahren kahlgefressen. Trotzdem lebten die Bäume und Buschbäume ungestört weiter, es kam niemals zu einem flächenhaften Absterben. Ähnliches gilt für die trocken-heißen Muschelkalkhänge in Mainfranken (Bayern) in der Umgebung von Gambach bei Karlstadt am Main; dort konnten wir zwar nur einmal eine echte Massenvermehrung beobachten, waren aber auch weniger regelmäßig zur Beobachtung anwesend. Auch dort gilt: Es kam zu keinem flächenhaften Absterben der Eichen durch Kahlfraß. Durch die extreme Trockenheit dieser nur vom Niederschlag abhängigen Hänge sterben immer einzelne Pflanzen in besonders trockenen Perioden ab; eine eindeutige Zuordnung zu Kahlfraßereignissen kann nicht vorgenommen werden, der Augenschein spricht eher dagegen. Kahlfraß durch *L. dispar* in den Eichenhochwäldern der Rhein-Main-Ebene kommt zwar seltener vor als in den Buschwäldern auf Extremstandorten, aber zumindest GLASER (1863) erwähnt solche Ereignisse, und auch WELLENSTEIN & SCHWENKE (1978), MAIER & BOGENSCHÜTZ (1990) und KOLMET (1993) berichten davon.

1.3. Faunistisches Resümee

Es kann festgehalten werden, daß die Massenvermehrung des Schwammspinners (zumindest in dem von uns ständig beobachteten Frankfurter Raum) sich langsam (über gut 5–7 Jahre hinweg) aufgebaut hat und mitnichten überraschend kam. Ist die Populationsdichte einer Insektenart erst einmal über einer gewissen Schwelle, geht die explosionsartige Vermehrung sehr schnell; wir hatten eigentlich sogar schon 1–3 Jahre früher mit beginnendem Kahlfraß gerechnet. Die „Explosion" in der Vermehrung wurde dann durch die Frühsommer der Jahre 1990–1993 ausgelöst, die alle vier besonders trocken und warm waren. Unter diesen Bedingungen mußte die Vermehrung geradezu zwangsläu-

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

fig stattfinden. Hinzu kommen noch biotopspezifische Faktoren, die gleichfalls der Vermehrung förderlich waren und im folgenden ausgeführt werden.

2. Generelle Angaben zur Kahlfraßempfindlichkeit von Laubbäumen; Situation der Wälder bei Frankfurt

Die Eiche (*Quercus robur*) ist einer der Bäume in Mitteleuropa, der besser als viele andere an Insektenfraß angepaßt ist; es gibt kaum eine andere Baumart, die von derart vielen Schmetterlingsraupen gefressen wird (über 300 Arten: PATOCKA 1980). Kahlfraß wird mehr oder weniger häufig durch den Eichenwickler (*Tortrix viridana* LINNAEUS 1758, Tortricidae) sowie durch die verschiedenen Frostspanner-Arten (*Operophtera-* und *Erannis*-Arten s. l., Geometridae) in Gemeinschaft mit einer Vielzahl weiterer im Frühling fressender Arten (in der Hauptsache verschiedene Noctuidae, Geometridae, Notodontidae etc.) verursacht.

Die Entwicklungszeit der meisten eichenfressenden Raupen, insbesondere der zur Massenvermehrung befähigten, beginnt mit dem Laubaustrieb und ist etwa Anfang bis Mitte Juni abgeschlossen. Der jährliche und auch für den Laien auffällige Johannistrieb der Eichen (meist Ende Juni) kann normalerweise den frühen Laubverlust vollständig ausgleichen. Später im Jahr ist dann der Fraß an Eichen geringer. Der Schwammspinner ist eine der wenigen Arten, deren reguläre Fraßzeit länger dauert (bis in den Juli hinein; 1993 war in mehrfacher Hinsicht eine Ausnahme) und die somit in normalen Jahren auch in den Johannistrieb hinein fressen kann. Eichen können aber nach dem Johannistrieb noch weitere Knospen aktivieren und bis in den Spätsommer hinein Blätter nachtreiben. Ein einigermaßen gesunder Eichenbaum dürfte somit gegenüber Kahlfraß völlig unempfindlich sein. Gleiches scheint für die Buchen zu gelten; in normalen Jahren stellt der Johannistrieb bei ihnen einen Längenwachstumsfaktor dar und muß keinen Kahlfraß ausgleichen. 1993 zeigte sich, daß sie dazu genauso wie Eichen in der Lage sind, wenn es nötig wird. Generell gilt, daß Laubbäume gegenüber Insektenfraß am Laub weitaus weniger empfindlich sind als die meisten Nadelbäume und durch später nachgeschobenes Laub sehr flexibel reagieren können. (Eher problematisch für die Eichen könnte eventuell der Mehltau sein, der Sommertriebe befällt und die Speicherung von Assimilaten behindert; C. VON BETHMANN, mündl. Mitt.)

Die Argumentation, die man von seiten des Forsts in den Zeitungen (und bedauerlicherweise auch bei KRAUS & VON DER DUNK 1993) lesen konnte, daß „die Bäume ihre Knospen des folgenden Frühlingsaustriebs bereits vergeudet" hätten, ist nicht stichhaltig (um nicht zu sagen unsinnig); in jeder Blattachsel der Eichen steht eine neue Knospe, so daß an Knospen kein Mangel entstehen kann (selbst wenn ein Teil der frischen Knospen weggefressen wird, sind noch genügend ältere vorhanden). Es kommt nur darauf an, daß die Knospen so früh angelegt werden, daß sie bis zum Winter ausreifen können und die Triebe verholzen können. Solange der Austrieb vor Anfang bis Mitte September stattfindet, ist dies im Regelfall gewährleistet. Ähnliches gilt für die meisten anderen Laubbäume. Bei Nadelbäumen ist das anders; nur die Lärchen haben den Laubbäumen vergleichbar viele schlafende Knospen und eine vergleichbare Fähigkeit zum Sekundäraustrieb spät im Jahr. Bei Fichten, Tannen und anderen Pinaceen (die Kiefern insofern ausgeklammert, als offenbar die jungen Nadeln nicht gern gefressen

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

werden und deshalb Nadeln und neue Knospen übrigbleiben, siehe oben!) kann es durch vollständigen Kahlfraß zum Absterben des Baumes kommen, weil die wenigen schlafenden Knospen offenbar meist nicht aktiviert werden können.

Es ist von der zeitlichen Abfolge her für die Eichen besser, wenn möglichst viele Raupen von *L. dispar* früh vorhanden sind und der Kahlfraß möglichst früh stattfindet, so daß zum Zeitpunkt des regulären Johannistriebs bereits die meisten Raupen durch Notverpuppung oder Hungertod nicht mehr fressen können. (Selbst bei frühem Kahlfraß sind aber viele der anderen Arten bereits bis zur Verpuppung durch, bevor *L. dispar* ihnen die Nahrung wegfrißt; die meisten früh fressenden Raupen von Noctuiden, Notodontiden und Geometriden sind in ihrer Entwicklung schneller als *L. dispar*.) Dies hat 1993, ausgelöst durch die extrem trocken-warme Witterung im Mai/Juni, an manchen Stellen bereits stattgefunden. Wenn die Raupendichte geringer ist, so daß bis zum Johannistrieb noch so viel Futter vorhanden ist, daß die Hauptfraßzeit der Raupen bis zum Juli andauert, ist der Schaden, das heißt der Verlust an Blattmasse durch Raupenfraß, erheblich größer. Eine Bekämpfungsmaßnahme, die die Raupendichte auf einen Schlag verringert, wird somit kontraproduktiv sein, weil die Fraßdauer der überlebenden Raupen bis zum Sommer verlängert wird (und die Überlebenden sich dann besser ernähren können und wieder mehr Nachkommen produzieren können); es ist besser, wenn die Raupen sich ihre Nahrungsgrundlage möglichst früh wegfressen und durch Hunger und damit gekoppelte Infektionen absterben.

Durch mehrere anthropogene Faktoren ist der Frankfurter Stadtwald in einer besonders ungünstigen Situation. Die Bäume sind generell in einem sehr schlechten Zustand. Grundwasserabsenkungen durch Brunnen und Bauwerke haben die meisten alten Bäume in ein chronisches Wasserdefizit hineinmanövriert, das auch in Jahren ohne Raupenkahlfraß zum Absterben führen kann. Hinzu kommen die massiven Belastungen durch Emissionen aus menschlichen Ansiedlungen und des Verkehrs; insbesondere die Nähe zum Flughafen mit seinen Unmengen von Kerosinabgasen und unverbrannten Kohlenwasserstoffen trägt sehr stark zur Gesamtimmissionslast im Stadtwald bei. In den Waldparzellen bei Kelsterbach in der Hauptabflugschneise, die wir 1993 anschauten, war kaum noch eine Eiche gesund; selbst junge, kaum 2 m hohe Bäume zeigten schon Schleimfluß und andere Schäden. Ein weiterer Faktor ist die starke Zerstückelung der Wälder durch Verkehrsschneisen (Straßen, Eisenbahn), Versorgungsleitungen (Elektro, Gas), Siedlungen und andere menschliche Aktivitäten. Die Wälder sind durch das ständige Absterben einzelner Bäume, die dem Dauerstreß nicht mehr standgehalten haben, sowie durch die Kronenverlichtung aufgrund verbreiteter Laubverluste ausgelichtet; die vermehrte Sonneneinstrahlung wiederum fördert die Entwicklung von Insekten, insbesondere des Schwammspinners (vergl. WELLENSTEIN & SCHWENKE 1978: 339). Außerdem besteht die begründete Vermutung, daß der Assimilatgehalt (= Zucker- und Proteingehalt) und damit der Nährwert im Laubwerk von unter Wasserstreß stehenden Bäumen höher ist als bei Bäumen, die über genügend Wasser verfügen (u. a. WELLENSTEIN & SCHWENKE 1978). (Zum generellen Mechanismus des Laubverlusts vergleiche z. B. MOHR 1994.)

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

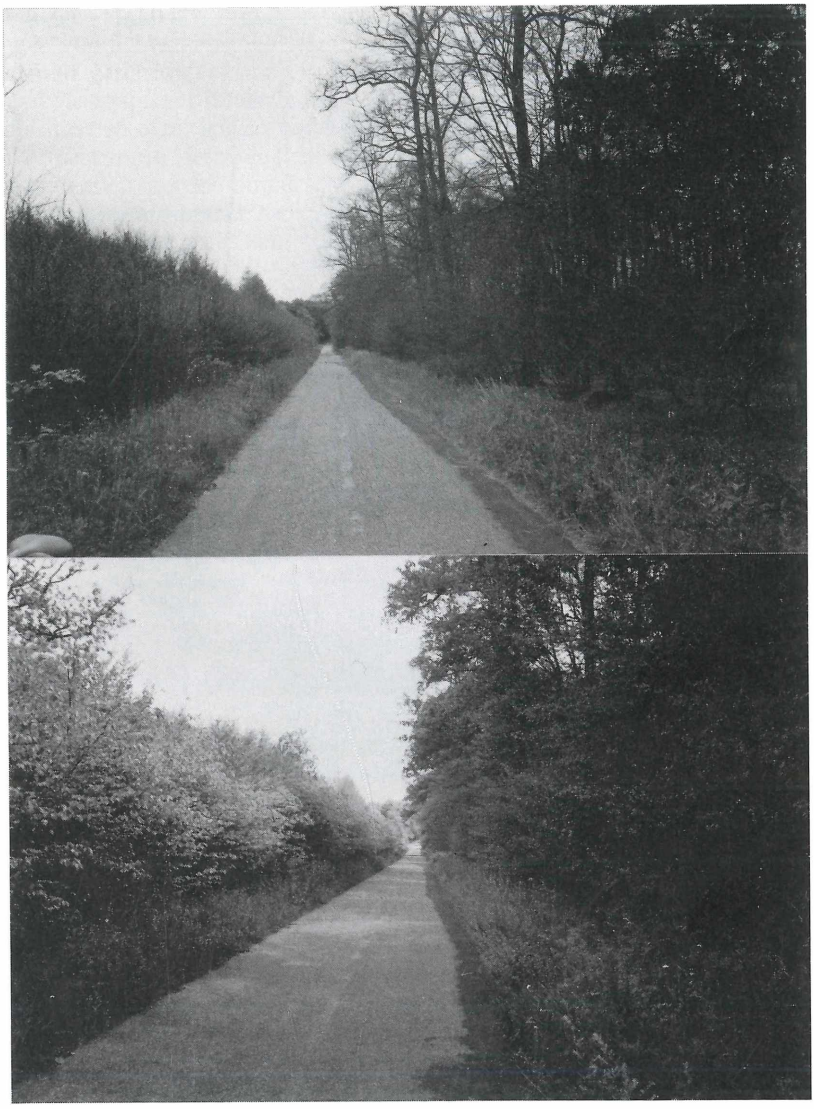

Abb. 2: Stadtwald Frankfurt südlich Bahnhof Sportfeld (alte Flughafenstraße). **Oberes Bild** 22. vi. 1993: links des Wegs junge Buchen völlig kahl, junge Kiefern, Schwarzerlen und Robinien teilweise noch belaubt; rechts des Wegs Hochwald: Buchen und Eichen kahl, Hainbuchen teilweise in der Peripherie noch belaubt, alte Kiefern und Holunder (im Unterholz) nicht befressen. **Unteres Bild:** derselbe Standort, derselbe Ausschnitt am 24. vii. 1993: Laubdach wieder geschlossen. (Alle Fotos P. ZUB.)

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Abb. 3: Frankfurter Stadtwald südlich Bahnhof Sportfeld, Schwanheimer Weg/Ecke Steigschneise. **Oberes Bild:** 22. vi. 1993. Rechts die Böschung der parallel zur A 3 verlaufenden B 43. Gebüsch und Jungwuchs von Kiefern, diversen Laubhölzern und Stauden, nur gering befressen; links Jungwald aus Amerikanischen Roteichen (*Quercus rubra*), komplett kahl. **Unteres Bild:** derselbe Standort, derselbe Ausschnitt am 24. vii. 1993: Laubdach wieder geschlossen.

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

In diesem Zusammenhang interessant ist unsere Beobachtung bei einer Führung durch Dr. HAMMES vom Forstamt Mörfelden-Walldorf, daß Massenvermehrungen von Schwammspinnern nur in den Waldparzellen anzutreffen waren, die licht und geschädigt waren; in Parzellen im Mönchbruchgebiet, in denen der Grundwasserspiegel immer noch nahe der Oberfläche ist, in denen die Bäume noch dicht an dicht stehen und voll und dicht belaubt sind, waren keine Massenvermehrungen festzustellen. (Was natürlich nicht ausschließt, daß diese Waldparzellen aus der Umgebung heraus befallen werden könnten.) Vorhanden ist der Schwammspinner natürlich auch in den feuchten Parzellen, aber offenbar kommt er dort nicht zum Aufbau einer Gradation.

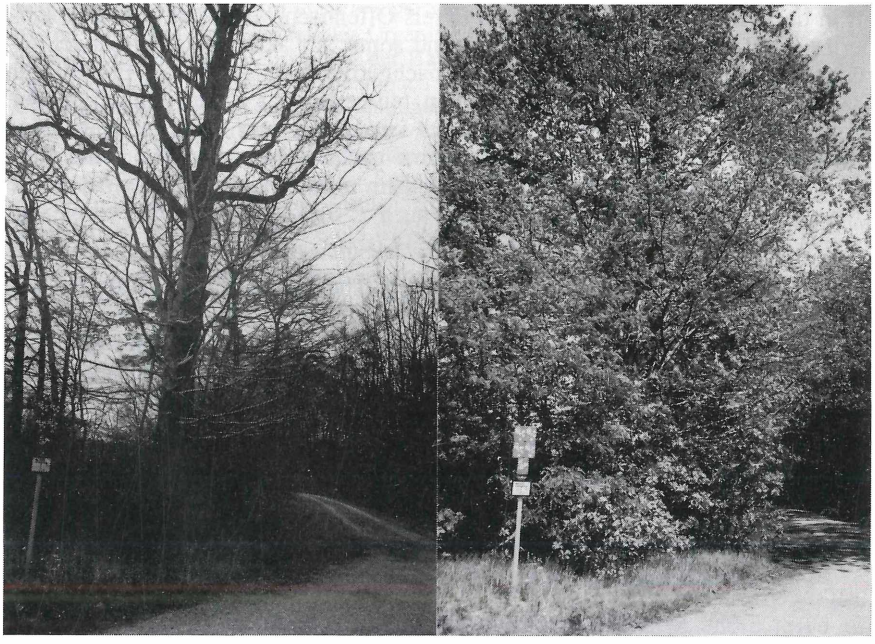

Abb. 4: Selber Standort wie Abb. 3, mit dem Rücken zur B 43. **Linkes Bild** 22. vi., **rechtes Bild** 24. vii. 1993. Links des Wegs mittelalte Buche, große Eiche, diverser Jungwuchs; rechts des Wegs wieder der Roteichenbestand. Kahlfraß und Wiederbegrünung.

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

3. Situation der Kalamität in den Hauptbefallsgebieten im Frankfurter Stadtwald 1993

Wie aus den Abbildungen zu ersehen (Abb. 2–4), waren Teile des Frankfurter Stadtwaldes im Mai/Juni 1993 kahlgefressen; die Raupen wanderten überall auf der Suche nach neuer Nahrung umher. Die Laubbäume waren vier Wochen später, nach dem Ende der Fraßperiode der Schwammspinnerraupen, in der von uns eingesehenen Fläche alle wieder ausgetrieben. In den Kronen alter Eichen und Buchen sind zwar einzelne tote Äste zu sehen, die meisten davon dürften aber gemäß ihrem Erhaltungszustand schon aus den Jahren davor stammen und sind eher mit dem chronischen Wasserstreß als mit Raupenfraß in Verbindung zu bringen. Nur bei einzelnen Hainbuchen (*Carpinus betulus*) im Unterwuchs waren frischtote Äste, gelegentlich einzelne tote Jungbäume festzustellen. Da aber auch die Mehrzahl der Exemplare dieser Baumart frischen Laubaustrieb zeigte, wäre noch zu klären, ob der Tod tatsächlich durch den Kahlfraß eintrat und nicht durch die extrem lange Trockenperiode im Frühsommer 1993 (zwischen Anfang Mai und Ende Juni hatten wir im Raum Frankfurt nur zwei oder drei kurze Gewitterperioden, in denen der Niederschlag nur sehr lokal niederging). Einzelne abgestorbene Bäume (u. a. Kiefern und Birken), die im Juni einfach braun wurden und mitten im Bestand vertrockneten, gibt es auch überall in der Umgebung von Mühlheim (Kreis Offenbach/Main), obwohl dort keinerlei Kahlfraß festzustellen war; sie sind somit auf akuten Wassermangel zurückzuführen. Zwar waren die später nachgetriebenen Triebe im Frankfurter Stadtwald insbesondere bei den Buchen teilweise sehr ungewöhnlich in der Blatt- und Triebform, und wahrscheinlich ist der Sommer 1993 kaum im Längenwachstum und Holzzuwachs der Bäume nachweisbar, aber eine echte „Lebensgefahr" für die Mehrzahl der Bäume kann bisher nicht festgestellt werden. Diese Einschätzung für Laubwälder teilt auch z. B. KOLMET (1993); vergleiche auch WELLENSTEIN & SCHWENKE (1978: 345).

Wichtig waren die folgenden Feststellungen (südlich Bhf. Sportfeld), die bereits auf ein bald bevorstehendes Abflauen der Kalamität schließen lassen:
1. Es waren tote Raupen und Puppen zu finden, die auf Infektionskrankheiten zurückzuführen waren; ein gewisses Infektionspotential ist in der Population bereits enthalten und wird 1994 viel stärker zum Ausbruch kommen.
2. Die geschlüpften Falter zeigten in den Kahlfraßgebieten zu fast hundert Prozent hungerbedingte Größenreduktion; die meisten Falter hatten nur zwei Drittel oder weniger der normalen Flügellänge, also weniger als halbes Normalkörpergewicht, und es gab keine normalgroßen Tiere. Damit einhergehend waren die Eigelege nur etwa $^1/_3$ bis $^1/_2$ so groß wie normal. Auszählungen von Eizahlen pro Gelege und durchschnittlichem Eigewicht beziehungsweise Fertilitätsprüfungen fanden nicht statt. (Die in der Forstliteratur angegebenen Eizahlen für europäische Schwammspinnerweibchen von bis zu 2000 [nach WELLENSTEIN & SCHWENKE 1978] sind zu hoch; wie diese und KRAUS & VON DER DUNK 1993 schon schrieben, sind hierbei mehrere Gelege zusammengezählt worden.) Durch Hunger oder andere Faktoren geschwächte Raupen sind auch sehr viel anfälliger gegenüber Infektionskrankheiten.

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Wenn die aus diesen Gelegen schlüpfenden Raupen im nächsten Frühling auf länger anhaltendes (über eine Woche) naßkaltes Wetter im Mai oder/und Juni treffen, kann ein sofortiger Zusammenbruch der Population erwartet werden. Unter ähnlich trockenen Bedingungen wie in den letzten Jahren kann sich unter Umständen und je nach lokalen Gegebenheiten der natürliche Zusammenbruch noch etwas verzögern.

4. Bekämpfungsmaßnahmen – Wirkungen und Nebenwirkungen

Vorbemerkung: Jede Massenvermehrung einer Insektenart bricht irgendwann zusammen. Ein solcher natürlicher Zusammenbruch wird, wenn er nicht ausschließlich wetterbedingt erfolgt, in erster Linie von Krankheitserregern und Parasitoiden ausgelöst, weniger von Prädatoren. Die wahrscheinlich wichtigste Rolle (nach dem Wetter) spielen in der Regel Krankheitserreger; dazu zählen Virosen, bakterielle Erkrankungen und Pilzerkrankungen. Ein weiterer wichtiger Faktor sind Parasitoide; dazu gehören Raupenfliegen, Schlupfwespen und Eischlupfwespen. Prädatoren (Räuber) wie beispielsweise Ameisen (u. a. *Formica*-Arten), Raubkäfer (Puppenräuber etc.) oder Raubwanzen spielen wahrscheinlich erst dann eine größere Rolle, wenn die Population schon im vollen Zusammenbruch steckt; von geringer Bedeutung dürften Vögel oder andere Wirbeltiere sein (siehe u. a. WESELOH 1988, 1989).
Jeder dieser Faktoren greift mit Verzögerung; zuerst muß sich die Wirtspopulation aufbauen, bevor die Populationen der Organismen, die sich von ihr ernähren, anwachsen können. Nachdem die Vernichtung der Hauptkalamität stattgefunden hat, brechen auch die Parasitoiden- und Räuberpopulationen zusammen; jedoch erst, nachdem sie in das Umland ausgeschwärmt sind und damit auch die umliegenden, (noch) nicht massenhaft vermehrten Wirtspopulationen abgebaut haben. Dieser Mechanismus verhindert in der Regel einen „Flächenbrand", indem die Schwammspinner großflächig so geschwächt und vernichtet werden, daß sie im Regelfall auf Jahre, wenn nicht Jahrzehnte hinaus keinerlei Rolle mehr spielen. Ausnahmen sind hier nur die extremen Eichenbusch-Trockenwälder auf Steilhängen, auf denen sich eine Massenvermehrung mehrere Jahre halten kann, ehe ein Zusammenbruch erfolgt.
Jeder Eingriff, der die Parasitoiden und Prädatoren mit schädigt (beispielsweise ein Einsatz von Dimilin!), verlangsamt den natürlichen Zusammenbruch der Population und schafft insbesondere die Möglichkeit, daß die ungeschwächte Population des Schwammspinners aus dem nicht behandelten Umland in das begiftete Areal wieder eindringt und sich dort (günstige Witterung vorausgesetzt) erneut und diesmal noch sehr viel schneller vermehren kann, weil seine natürlichen Feinde verschwunden sind und ihm erst wieder folgen müssen. Ein Gifteinsatz, der die natürlichen Feinde mit abtötet, ist absolut kontraproduktiv und vergrößert eher noch die Gefahr folgender Kalamitäten, anstelle sie mittel- bis langfristig zu beenden. Es sollte Ziel verantwortungsbewußten Waldschutzes sein, die Spirale Gifteinsatz – neue Kalamität – neuer Gifteinsatz erst gar nicht anlaufen zu lassen. Siehe hierzu beispielsweise BATHON (1993).

Der aufgeregte Tatendrang mancher Kreise sowie die Selbstverständlichkeit, mit der in anderen Bundesländern Dimilineinsätze geplant werden, läßt auch für Hessen solches erwarten. Jedoch sollten vor irgendeinem Einsatz wie auch immer gearteter Bekämpfungsmittel folgende Punkte geklärt sein:

I. Ist ein Einsatz überhaupt zur Vermeidung und/oder Behebung von forstwirtschaftlichen Schäden bzw. zur Erhaltung der Erholungsfunktion notwendig? Das heißt, sterben wirklich Laubbäume (welche?) durch Kahlfraß ab;

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

wenn ja, wie viele? Wie groß ist der Einfluß der anderen Faktoren (Niederschläge, Immissionsbelastungen etc.)? Ein Ausfall von jährlichem Zuwachs oder einzelnen Bäumen allein rechtfertigt noch keine große (auch sehr kostenintensive!) Bekämpfungsaktion. Im Gegensatz zu Nadelbäumen sind Laubbäume generell gegen Kahlfraß viel weniger empfindlich.

II. Welche(s) Mittel setzt man wie ein; wie sind die Wirkungen und Nebenwirkungen der benutzten Mittel?

III. Jeder Einsatz von Bekämpfungsmitteln muß von wissenschaftlichen Untersuchungen begleitet werden; untersucht werden müssen die Aspekte: Schadensverlauf (ist eine Bekämpfung tatsächlich notwendig?), Wirkungen und Nebenwirkungen der verwendeten Mittel auf Ziel- und Begleitorganismen, langfristige Auswirkungen mit/ohne Behandlung auf das Ökosystem Wald.

Auch eine wirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse wäre sinnvoll; wenn eine Kalamität sowieso zusammenbricht und der Schaden nicht ins Gewicht fällt, wieso sollte man dann eine Bekämpfung einleiten? Die Maikäfer in Süddeutschland haben einen Vermehrungszyklus, dessen Amplitudenabstand etwa 40 Jahre beträgt; an dieser Zeitspanne haben in geschichtlicher Zeit weder die Sammelaktionen im neunzehnten Jahrhundert noch die massive Begasung mit DDT in den fünfziger Jahren etwas geändert (KRISTAL mündlich, nach Daten aus der Gradation in Südhessen 1994 und dem Hearing dazu).

Im Prinzip stehen zur Zeit vier Klassen von Bekämpfungsmitteln zur Verfügung, die wir hier kurz vorstellen möchten:

4.1. Kernpolyederviren

Kernpolyederviren (Nuclear polyhedrosis viruses, NPV) sind insektenspezifische Viren. Um einer erneuten Angsthysterie in den Medien vorzubeugen: Es sind sehr spezifische, oftmals artspezifische Viren; ein Überspringen dieser Viren auf Wirbeltiere ist ausgeschlossen. Außerdem gehören diese Viren zum einheimischen Spektrum insektenpathogener Krankheitserreger. Laut vorläufigen Mitteilungen aus Forstkreisen waren erste Befallserscheinungen schon 1993 nachweisbar. Zum Einsatz in Frage käme ein in Nordamerika oft angewandtes Präparat, das leider in Deutschland noch nicht zugelassen ist; es handelt sich um ein Virus, das sogar offenbar nur *Lymantria dispar* befällt, ist also das ideale Bekämpfungsagens, das nur den gewünschten Zielorganismus trifft.

Die Persistenz von Viren ist je nach den gegebenen Bedingungen unterschiedlich, aber an das Vorhandensein einer großen Populationsdichte der Wirtsart gekoppelt; ist die Wirtsart erst einmal zusammengebrochen, geht auch das Virus drastisch zurück, weil ihm die Vermehrungsbasis fehlt.

Der Einsatz der genannten Viren zur Schwammspinnerbekämpfung wäre im Prinzip die beste Möglichkeit, weil sie praktisch keine Nebenwirkungen hätte. Bedauerlicher-weise stehen aber zwei Probleme dem entgegen:
A. Der Befall muß die ganze Population durchseuchen; das geht leider nicht sofort, sondern dauert eine gewisse Zeit, während der der Fraß weitergeht, weil die Raupen normalerweise nach ihrer Infektion längere Zeit bis zum Absterben benötigen und erst danach das Virus weitergeben können. Der NPV-Einsatz

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

müßte im Kombination mit *Btk* erfolgen, da die Wirkung der Viren erst im 2. Jahr nach ihrer Ausbringung voll zum Tragen kommt.
B. Wegen der hohen Herstellkosten und der geringen zur Bekämpfung benötigten Mengen, die das Präparat wirtschaftlich für einen Hersteller nicht attraktiv erscheinen lassen (und nur Hersteller- oder Vertriebsfirmen können die Zulassung in Deutschland beantragen), sowie wegen der Dauer des Zulassungsverfahrens ist nicht damit zu rechnen, daß solche Präparate in größerem Umfang bis zum Frühling 1994 zur Bekämpfung zur Verfügung stehen werden.

Es wäre immerhin wünschenswert, daß man, wenn großmaßstäbliche Bekämpfungen 1994 durchgeführt werden sollten, auch Feldversuche unter wissenschaftlicher Betreuung mit Kernpolyedervirenpräparaten allein sowie in Verbindung mit *Btk* einplant.

4.2. *Bacillus thuringiensis kurstaki* (*Btk*)

Präparate auf der Basis von *Bacillus thuringiensis kurstaki* umfassen Sporen und Eiweißkristalle eines im Prinzip einheimischen Bakteriums, das auch unter natürlichen Bedingungen ein insektenpathogener Keim ist und beispielsweise für Ausfälle bei Raupenzuchten („Schlaffsucht") verantwortlich sein kann. (Vergleiche KRIEG 1986.)

Btk ist ein Präparat, das potentiell viele laubfressende Schmetterlingsraupen schädigt (also neben dem Zielorganismus Schwammspinner auch viele weitere im Wald lebende Schmetterlingsarten, darunter auch geschützte Arten und Arten der Roten Listen). Da die Ausbringung ganz früh im Raupenleben stattfinden muß (am besten im ersten und zweiten Raupenstadium), muß es im April/ Mai angewendet werden. Zu dieser Jahreszeit ist in unseren Wäldern aber die überwiegende Mehrzahl aller einheimischen Schmetterlingsarten im Raupenstadium, um die gute Futterqualität des frischen Laubs auszunutzen. Eine Bekämpfung der Schwammspinner mit *Btk* trifft also viele andere Schmetterlingsarten im Gebiet mit gleicher Härte. Der Vorteil von *Btk* liegt jedoch darin, daß das Präparat stets einen gewissen Anteil der getroffenen Population aufgrund natürlicher Immunität verschont (der Wirkungsgrad liegt je nach Dosierung, Ausbringungs- und Witterungsbedingungen und artspezifischer Empfindlichkeit der Raupen bei unter 70 bis über 95 %). Damit wird sowohl den übrigen Schmetterlingsarten wie auch den Parasitoiden, die ja sonst mit ihren Wirten absterben würden, ein Überleben ermöglicht, was ökologisch wünschenswert ist, um die selbstregulierenden Kräfte zu erhalten.

Btk-Präparate sind im Freiland erwiesenermaßen sehr instabil und in der Regel schon nach wenigen Tagen bis Wochen nicht mehr wirksam.

Die Vorteile von Präparaten auf *Btk*-Basis sind also vergleichsweise gute ökologische Verträglichkeit in Verbindung mit ausreichender Wirksamkeit (leicht erhöhbar durch Kombination mit Kernpolyedervirenpräparaten und mehrfachen Einsatz). Eine Verwendung von *Btk* würde auch den natürlichen Zusammenbruch einer Gradation nicht stören, sondern im Gegenteil beschleunigen. Nachteil wäre die nicht spezifische Wirkungsbreite, so daß auch andere Schmetterlinge mit betroffen wären.

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Die Argumentation, *Btk* würde „nichts taugen" und nicht genug wirksam sein, ist nicht stichhaltig; die Maßnahme im Frühling 1993 im Frankfurter Stadtwald wurde zu spät eingeleitet (traf also nicht die empfindlichen ersten Stadien) und war durch bürokratische und sicherheitstechnische Einschränkungen (keine Bekämpfung entlang von Verkehrsschneisen sowie in Wasserschutzgebieten, obwohl Bacillus thuringiensis keineswegs humanpathogen ist; geradezu pervers in diesem Zusammenhang muß anmuten, daß ausgerechnet Dimilin in Wasserschutzgebieten verwendet werden darf!) nur auf einem Teil der Fläche überhaupt möglich, so daß aus den vielen breiten Schneisen die Wiederbesiedlung der gespritzten Areale leicht möglich war. Ein besseres Ergebnis wäre durch rechtzeitige und mehrfache (2- bis 3malige) Anwendung sowie Mitbefliegung der Verkehrswegeschneisen durch kurzzeitige Sperrung von Straßen und Eisenbahnlinien leicht erreichbar.

4.3. Dimilin

Dimilin (= Diflubenzuron; 1-(4-Chlorphenyl)-3-(2,6-Difluorbenzoyl)-Harnstoff, Summenformel $C_{14}H_9ClF_2N_2O_2$, Strukturfomel siehe Abb. 5) ist zur Zeit das gängige chemische Standardmittel. Es wird als „nützlingsschonend", „wirkspezifisch" und „umweltfreundlich" angepriesen und als ein „naturnaher Harnstoffabkömmling" dargestellt. Dies ist zwar vielleicht im Vergleich mit vielen chemischen Insektiziden richtig, jedoch bei näherer Betrachtung sachlich kaum haltbar und eher als Euphemismus zu interpretieren.

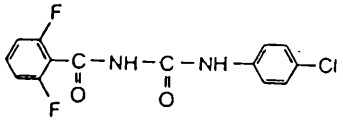

Abb. 5: Strukturformel von Diflubenzuron (= Dimilin). Aus PERKOW (1983).

Dimilin besteht (siehe Strukturformel) im Prinzip aus zwei halogenierten aromatischen C_6-Ringen, die über eine Harnstoffbrücke miteinander verbunden sind. Wir haben hier also halogenierte und potentiell kanzerogene Aromaten vorliegen; ob man die Ausbringung dieser Substanzen gerade im Frankfurter Stadtwald gegenüber einer Bevölkerung rechtfertigen kann, die erst im Frühling 1993 durch große Chemieunfälle mit unter anderem o-Nitroanisol aufgeschreckt und sensibilisiert wurde, bleibt abzuwarten. Die aromatischen Ringsysteme werden durch die Halogene gut abgeschirmt, so daß das Präparat von der Struktur her als recht stabil zu gelten hat. Höchstens die Harnsäurebrücke könnte schnell aufgespalten werden, wobei immer noch zu klären bleibt, wo die Abbauprodukte (halogenierte Aromaten!) in der Natur verbleiben.

Dimilin ist ein Fraßgift, das in den Stoffwechsel von Insekten eingreift und als Häutungshemmer gilt. Es schädigt im Prinzip alle Arthropoden (also auch zum Beispiel Asseln und Spinnen, die vergiftete Raupen fressen). Vor großer Spezifität der Wirksubstanz kann also keine Rede sein. Nur die unterschiedliche Art und Weise, wie Arthropoden normalerweise damit in Kontakt kommen, beeinflußt die Inkorporation und toxische Wirkung. Die Klassifizierung beispielsweise als „nicht bienengefährlich" läßt sich sicherlich nur dadurch erklären, daß Bienen normalerweise kein Laub fressen; wie Diflubenzuron auf Bienenlarven wirkt, wenn es doch einmal in den Stock gelangt, wäre zu prüfen.

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Die Angaben aus der Literatur (PERKOW 1983), der Abbau würde im Boden mit weniger als 2 Wochen Halbwertszeit vorangehen, in sandigem Lehm und Ton 3–5 Monate dauern, sowie die vorgeschriebene Wartezeit bei Kernobst von 28 Tagen suggerieren, daß die Substanz verhältnismäßig schnell abgebaut würde. Dem gegenüber steht die Angabe, daß Diflubenzuron in saurem und neutralem Milieu stabil ist (PERKOW), sowie das Ergebnis von SORIA et al. (1986), daß die Nadeln von Kiefern nach einer Bekämpfung mit Dimilin gegen den Prozessionsspinner *Thaumetopoea pityocampa* ([DEN. & SCHIFF.] 1775) noch für etwa 2 Jahre(!) auf die Raupen des iberischen Nachtpfauenauges *Actias isabellae* (GRAELLS 1851) absolut tödlich gewirkt haben; Vergleichbares berichten SKATULLA & KELLNER (1989). Auch Beobachtungen von BUSCHINGER (1990, 1991, 1993) an Ameisen weisen darauf hin, daß die Spezifität über-, die langfristige Wirksamkeit und die Verbleibdauer von Dimilin im Naturhaushalt deutlich unterschätzt wurde.

Geradezu als Horrorszenario muß wirken, was im letzten Herbst zu hören war, wonach in Rheinland-Pfalz geplant sei, die Eichenbuschwälder in den thermophilen Tälern von Mosel, Nahe und Mittelrhein großflächig mit Dimilin zu bespritzen (siehe KOLMET 1993); dies nicht etwa mit der Begründung, die Wälder seien dort gefährdet (das sind sie nicht, und auch der Forst ist an den Niederwäldern nicht weiter interessiert), sondern damit begründet, daß die „ekligen Raupen" über die Ortschaften herfallen und den Tourismus stören würden. Abgesehen von der geradezu albernen Begründung muß dringend darauf verwiesen werden, daß die trocken-warmen Gebiete von Mosel, Nahe und Mittelrhein zu den ***artenreichsten Gebieten der Bundesrepublik*** überhaupt zählen; viele Naturschutzgebiete sind dort zu finden. In diesem Gebiet kommt eine Vielzahl von Arten vor, die in der Bundesrepublik sonst kaum anderswo zu finden sind, sogar endemische Taxa gibt es dort. Eine flächendeckende oder auch nur punktuelle Bekämpfung mit Dimilin würde dort nicht wiedergutzumachenden Schaden anrichten und könnte zum Aussterben von endemischen Taxa führen. Wir können nur hoffen und dringlichst fordern, daß dieses ökologische Unheil noch abgewendet werden kann. (1)

4.4. Biologische Bekämpfungsmaßnahmen mit Parasitoiden und Prädatoren sowie anderen Maßnahmen

Die Bekämpfung einer Schadart mit biologischen Methoden ist normalerweise die ökologisch verträglichste Verfahrensweise. Neben dem Einsatz von Insektenpathogenen wäre hier insbesondere an Parasitoiden und Prädatoren zu denken. Hierbei gibt es zwei Strategien: erstens das Dulden, Erhalten und Fördern der natürlichen Entwicklung der Gegenspieler vor Ort und zweitens das zusätzliche Einbringen von Gegenspielern (einheimischen oder gegebenenfalls auch exotischen), die im Labor gezüchtet wurden.

BATHON (1993), der die Situation umfassend darstellt, kommt zu folgenden Schlußfolgerungen, denen wir kaum noch etwas hinzuzufügen haben:
„1. Die Populationen von Räubern und Parasitoiden als Gegenspieler des Schwammspinners befinden sich derzeit noch in der Aufbauphase. Sie dürfen keinesfalls durch Einsatz breitwirksamer Insektizide wieder zurückgedrängt werden.

(1) = Neuen Informationen zufolge soll die Begiftung der Trockentäler angeblich doch nicht stattfinden.

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

2. Von den aufgeführten Arten kommt den Raupenfliegen (Diptera, Tachinidae) eine besonders große Bedeutung zu. Sie sind gerade in Mitteleuropa neben der Kernpolyedrose wesentlichste Ursache für den Zusammenbruch von Schwammspinner-Gradationen. Eine Massenfreilassung von Tachiniden kommt allerdings wegen der großen Schwierigkeiten bei der Massenzucht nicht in Betracht.
3. Die Tachinidenpopulationen können zwar in den nächsten beiden Jahren *[= 1994 + 1995]* zu einer hochgradigen Parasitierung der Raupen führen. Diese werden 1994 aber noch die gesamte Entwicklung bis zur Verpuppung durchlaufen und somit starke Fraßschäden verursachen, bevor sie von ihren Parasitoiden abgetötet werden.
4. Von den Parasitoiden des Schwammspinners eignet sich für eine Massenfreisetzung nur die ostasiatische Art *Ooencyrtus kuwanae* HOWARD [Chalcidoidea: Encyrtidae], die durch Erzeugung mehrerer Generationen im Jahr bei genügend hoher Ausgangsdichte zu einer spürbaren Reduktion der Schwammspinnerpopulation führen kann. Eine Freisetzung sollte besonders nach den Freilandfunden in Deutschland durch die zuständigen Naturschutzbehörden genehmigt werden.
5. *Ooencyrtus kuwanae* wurde 1993 an mehreren Stellen des Rhein-Main-Gebietes erstmalig für Deutschland nachgewiesen.
6. Eine biologische Bekämpfung des Schwammspinners in Deutschland erscheint bei Kombination von Entomopathogenen mit dem Eiparasitoiden *O. kuwanae* und gleichzeitigem Schutz der Raupenfliegen und anderer Gegenspieler möglich."

Zu diesen Punkten bleibt von unserer Seite nur noch anzumerken, daß es nun (da *O. kuwanae* bereits in Deutschland eingeschleppt wurde) dennoch sehr sinnvoll wäre, noch zu klären, ob diese exotische Art sich permanent etablieren kann und wie spezifisch sie in ihrer Wirtswahl ist. Wovon ernährt sich die Eischlupfwespe in den Jahren ohne Schwammspinnergradation? Schwammspinnergradationen treten nur alle paar Jahrzehnte auf.

Im Prinzip ist ein Eiparasitoid natürlich das beste Regulierungsagens, weil er bereits im Eistadium eingreift, es also nicht erst (im Gegensatz zu den meisten Erkrankungen und Raupenfliegen etc.) zum Fraß der Raupen am Laub kommen läßt.

5. Folgerungen

Es bleibt generell festzuhalten, daß unserer Meinung nach die Schwammspinnergradation in Hessen weitaus weniger Grund zu Panikmache und übereifrigem Aktivismus bietet, als es die heftigen Reaktionen in Funk und Presse vermuten lassen. Ein kahler Wald im Sommer ist ein ungewohnter, vielleicht sogar erschreckender Anblick, und Millionenheere von Raupen mögen bedrohlich aussehen. Jedoch glauben wir, daß die effektive Gefahr für den Bestand des Laubwalds durch den Schwammspinner weitaus geringer ist, als es unterstellt wird. Die natürliche Regenerationsfähigkeit unserer einheimischen Laubbäume ist höher, als man auf den ersten Blick annehmen mag; ein gewisser Verlust an Zuwachs und vielleicht auch von Einzelbäumen (die oftmals auch

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

ohne Kahlfraß durch den Dauerstreß abgestorben wären!) muß in Kauf genommen werden. Jedenfalls sollte der Regelfall nicht die Bekämpfung mit chemischen Insektiziden sein, sondern die Unterstützung des natürlichen Gleichgewichts; eine Anwendung von Insektenbekämpfungsmitteln – wenn sie denn für unbedingt nötig erachtet wird – sollte sich auf natürliche Krankheitserreger beschränken, also in erster Linie auf hochspezifische Kernpolyederviren und mäßig spezifische *Btk*-Einsätze.

Sollte die Häufung warm-trockener Frühsommer nicht ein reiner Zufall sein, sondern auf eine anthropogene Klimaänderung hinweisen (Stichwort Treibhauseffekt), dann werden wir in Zukunft noch viel häufiger mit Massenentwicklungen von Insektenarten zu rechnen haben. Bereits jetzt macht sich in Süddeutschland (Bayern und Baden-Württemberg) vielerorts beispielsweise der schon an den meisten Orten für verschollen geglaubte Eichenprozessionsspinner *Thaumetopoea processionea* (L. 1758) bemerkbar (NÄSSIG 1993). Aus Rheinland-Pfalz kommen Meldungen von lokal beginnendem Kahlfraß an Buchenbeständen durch den Streckfuß *Calliteara pudibunda* (L. 1758) (SCHMIDT, mündl.). Im Raum Mühlheim/Main sind in den letzten drei Jahren neben dem Schwammspinner deutliche Zunahmen der Populationsdichten von Forleule (*Panolis flammea* ([DEN. & SCHIFF.] 1775)), Kiefernspanner (*Bupalus piniarius* (L. 1758)) und anderen Kiefernfressern festzustellen gewesen; viele weitere Arten stehen quasi in den Startlöchern, um sich bei günstigen Witterungsbedingungen massiv vermehren zu können. Wir können nicht unsere Wälder dauernd begiften!

Eine Zukunftsperspektive für den Bestand unsere Wälder in Mitteleuropa kann nur in einem integrierten Konzept bestehen, das einerseits die Belastungen der Wälder reduziert (Reduktion der Schadstoffemissionen aus anthropogenen Quellen; Wiederanhebung des Grundwasserspiegels durch Einsparen von Wasserverbrauch und Wiedervernässung ausgetrockneter Böden) und die Zusammensetzung der deutschen Wälder naturnaher gestaltet (Wälder, die nur aus autochthonen, also einheimischen und standortrichtigen, Baumarten bestehen, die nach Baumarten wie auch nach Altersklassen gemischt sind) und andererseits den bisher bestehenden Automatismus der Symptombekämpfung verläßt und sich, wenn in Ausnahmefällen eben doch eine Bekämpfungsmaßnahme eingeleitet werden muß, auf hochspezifische und ökologisch unschädliche Bekämpfungsmethoden verläßt (also beispielsweise Kernpolyederviren und *Btk*), anstelle die „chemische Keule" zu schwingen. Nicht der kurzfristige, primär an Holzverlusten (und Wählerstimmen) orientierte Gedanke „Rettet den Wald um jeden Preis" (also auch mit Gift), sondern nur das langfristige, ökologisch durchdachte Konzept, das ***alle*** Schadfaktoren zu verringern sucht und unter Verzicht auf kurzfristiges Gewinnstreben eine ganzheitliche, auf Jahrhunderte angelegte Strategie beinhaltet, wird die Wälder erhalten können. Man kann den Teufel nicht mit dem Beelzebub austreiben.

Obwohl der emotionale Tierschutz immer mehr Boden gewinnt, hat er behaarte dunkle Raupen noch nicht erfaßt. Wenn man tatsächlich Häuser vor den Raupen zu schützen für notwendig hält, wird ein mechanischer Schutz (Plastikwan-

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

nen oder abgedichtete Gräben mit Wasser und Tensid; Leimwälle; Abdichtung der Häuser mit Fliegengitter) der Ortslagen ausreichend sein.

Der Forstbetrieb, der schon immer in zeitlichen Kategorien vorausplanen mußte, die viele Wahlperioden umfaßten, sowie Naturschutzverbände und professionelle und Amateurentomologen haben das gleiche Ziel, nämlich die Erhaltung des Waldes, seiner Flora und Fauna für die nächsten Generationen. Entsprechend sollten sie gemeinsam Einfluß auf die kurzlebiger interessierte Tagespolitik nehmen.

6. Forderungen

1. Bei der Massenvermehrung des Schwammspinners in Deutschland handelt es sich um eine keineswegs zum ersten Mal auftretende Gradation einer einheimischen Art, die nach den Erfahrungen durch natürliche Faktoren ohne menschliche Einflußnahme zusammenbricht. **Eine Bekämpfung ist daher im Regelfall nicht notwendig.**

2. Die besondere Situation des Frankfurter Stadtwaldes und ähnlicher Wälder, die aufgrund der Emissionsbelastung, der Grundwasserabsenkung und der Zerschneidung bereits stark geschädigt sind, läßt die Vermutung zu, daß der Kahlfraß den Tod einiger Bäume beschleunigen könnte. Eine von Verantwortung für die Umwelt getragene Entscheidung zur Bekämpfung der Schwammspinner kann das Absterben der Bäume möglicherweise hinauszögern. Daß sie dann, nur weil sie nicht mehr vom Schwammspinner kahlgefressen werden, bereits gerettet seien, ist eine Illusion.

3. Sollte unter den unter 2. genannten Bedingungen die Entscheidung für eine Bekämpfungsmaßnahme getroffen werden, so sollte diese **nicht ohne wissenschaftlich fundierte Begleituntersuchungen** erfolgen. Nur wenn der Einfluß der Schwammspinnerbekämpfung auf die übrige Fauna, insbesondere die Lepidopteren, sowie der Zustand der Bäume in Gebieten mit und ohne Bekämpfung erfaßt werden, lassen sich im nachhinein der Nutzen und die Effektivität der Maßnahmen bewerten und können so der künftigen Entscheidungsfindung dienen.

4. Eine Bekämpfung mit Dimilin ist nicht zu verantworten, da es mit nicht absehbaren Konsequenzen in die gesamte, insbesondere die Entomofauna eingreift, lange wirksam und in seiner Umwelttoxizität nicht einschätzbar ist. Sollte bei erheblicher Vorschädigung der Bäume eine Bekämpfung überhaupt opportun erscheinen, so ist das einzig vertretbare Mittel, solange Kernpolyederviren nicht zur Verfügung stehen bzw. Versuche zur Wirksamkeit noch ausstehen, ein Präparat von *Bacillus thuringiensis kurstaki* (*Btk*). Wird dieses rechtzeitig und tatsächlich flächendeckend, wo es angebracht ist, angewendet, ist seine Wirkung ausreichend, um die Gradation einzudämmen.

Literatur

BATHON, H. (1993): Biologische Bekämpfung des Schwammspinners: Räuber und Parasitoide [in: WULF, A., & BERENDES, K.-H. (Hrsg.), Schwammspinner-Kalamität im Forst. Konzepte zu einer integrierten Bekämpfung freifressender Schmetterlingsraupen (Kolloquium am

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

19./20. Oktober 1993, Braunschweig), 288 S.]. – Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch. Berlin-Dahlem **293:** 117–124.

BOWERS, M. D., & PUTTICK, G. M. (1989): Iridoid glycosides and insect feeding preferences: gypsy moth (*Lymantria dispar,* Lymantriidae) and buckeyes (*Junonia coenia,* Nymphalidae). – Ecolog. Entomol. **14:** 247–256.

BUSCHINGER, A. (1990): *Harpas* – Die Sklavenhalter vom Nürnberger Reichswald. – Die Waldameise **3:** 4–7.

– – – – – (1991): Forstverwaltung fördert seltene Ameisenart. – Ameisenschutz aktuell **5:** 53–54.

– – – – – (1993): Kein Dimilin mehr im Forst! – Forst und Holz **48:** 375–376.

FREINA, J. J. DE, & WITT, T. (1987): Die Bombyces und Sphinges der Westpalaearktis (Insecta, Lepidoptera), Band 1. – München (Edition Forsch. u. Wissensch.), 708 S.

GLASER, L. (1863): Der neue Borkhausen oder hessisch-rheinische Falterfauna. – Darmstadt (G. Jonghaus), vii + 548 S.

HEINEMANN, H. VON (1859): Die Schmetterlinge Deutschlands und der Schweiz, Erste Abtheilung, Großschmetterlinge. – Braunschweig (F. Vieweg), xxiii + 850 S. [+ 118 S. Bestimmungstabellen].

KOCH, G. (1856): Die Schmetterlinge des südwestlichen Deutschlands, insbesondere der Umgegend von Frankfurt, Nassau und der hessischen Staaten, nebst Angabe der Fundorte und Flugplätze etc. etc. – Cassel (T. Fischer), xx + 498 S., 2 Taf.

KOLMET, C. (1993): Schwammspinnerbekämpfung im Frühjahr 1994? – Risiken und Folgen. – GNOR aktuell (hrsg. von der Gesellschaft für Naturschutz und Ornithologie Rheinland-Pfalz e. V., Nassau) **1993** (2): 1–13.

KRAUS, M., & DUNK, K. VON DER (1993): Die Schwammspinner- (*Lymantria dispar*) Gradation des Jahres 1993 im Naturschutzgebiet (NSG) Gräfholz-Dachsberge, Gemeinde Ergersheim, Mittelfranken. Ein Beitrag zum Verlauf der Massenvermehrung und zur Objektivierung der Diskussion. – Galathea, Ber. Kreis Nürnberger Entomol. **9** (3): 87–112.

KRIEG, A. (1986): *Bacillus thuringiensis,* ein mikrobielles Insektizid. Grundlagen und Anwendung. – Acta Phytomedica **10:** 1–191.

KRISTAL, P. M. (1980): Die Großschmetterlinge aus dem südhessischen Ried und dem vorderen Odenwald. – Schriftenr. Inst. Natursch. Darmstadt, Beiheft **29:** 1–163.

LANCE, D. R. (1983): Host-seeking behavior of the gypsy moth: The influence of polyphagy and highly apparent host plants. S. 201–224, in: AHMAD, S. (Hrsg.), Herbivorous insects. Host-seeking bahavior and mechanisms. – New York (Academic Pr.), 257 S.

LEONARD, D. E. (1974): Recent developments in ecology and control of the gypsy moth. – Ann. Rev. Entomol. **19:** 197–229.

LOBENSTEIN, U. (1976): Zur Verbreitung des Schwammspinners (Lymantria dispar) in Deutschland (Lep., Lymantriidae). – Entomol. Z. **86** (4): 30–32.

MAIER, K., & BOGENSCHÜTZ, H. (1990): Massenwechsel von *Lymantria dispar* L. (Lep. Lymantriidae) und die Regulation durch Parasitoide während einer Gradation in Südwestdeutschland 1984–86. – Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz **97:** 381–393.

MILLER, J. S., & FEENY, P. (1983): Effects of benzylisoquinoline alkaloids on the larvae of polyphagous Lepidoptera. – Oecologia (Berlin) **58:** 332–339.

MOHR, H. (1994): Stickstoffeintrag als Ursache neuartiger Waldschäden. – Spektrum der Wissenschaft **1994** (1): 48–53.

NÄSSIG, W. A. (1993): Anmerkungen zum Vorkommen von *Thaumetopoea processionea* L. (Lepidoptera: Notodontidae, Thaumetopoeinae). – Nachr. entomol. Ver. Apollo, Frankfurt/Main, N.F., **13** (4): 529–531.

PATOCKA, J. (1980): Die Raupen und Puppen der Eichenschmetterlinge Mitteleuropas. – Monogr. angew. Entomol. (Suppl. Z. angew. Entomol.) **23:** 1–188.

PERKOW, W. (1983): Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, 2. Auflage (Loseblattausgabe). – Berlin/Hamburg (Parey).

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

RODEN, D. B., KIMBALL, J. C., & SIMMONS, G. A. (1990): A laboratory technique to study a change in feeding behavior between small and large larvae of gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.). – Canad. Entomol. **122:** 617–625.

–––––, MILLER, J. R., & SIMMONS, G. A. (1992): Visual stimuli influencing orientation by larval gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.). – Canad. Entomol. **124:** 287–304.

SCHROTH, M. (1984): Die Makrolepidopteren aus der Umgebung von Hanau am Main (Hessen). – Nachr. entomol. Ver. Apollo, Frankfurt/Main, **Suppl. 3:** 1–83.

SKATULLA, U., & KELLNER, M. (1989): Zur Persistenz einiger Häutungshemmer auf Kiefernnadeln. – Anz. Schädlingskd. Pflanzensch. Umweltsch. **62:** 121–123.

SORIA, S., ABOS, F., & MARTIN, E. (1986): Influencia de los tratamientos con diflubenzurón ODC 45 % sobre pinares en las poblaciones de *Graellsia isabelae* (GRAELLS) (Lep. Syssphingidae) y reseña de su biología. – Boletin de la Sanidad Vegetal Plagas **12:** 29–50.

SPEYER, A. (1867): Die Lepidopterenfauna des Fürstenthums Waldeck. – Verh. naturhist. Ver. preuss. Rheinlde. Westph., Bonn, **24:** 147–298.

STEEG, M. (1961): Die Schmetterlinge von Frankfurt am Main und Umgebung mit Angabe der genauen Flugzeiten und Fundorte. – Frankfurt/Main (Internat. Entomol. Ver.), 122 S.

WELLENSTEIN, G., & SCHWENKE, W. (1978): Gattung *Lymantria,* S. 334–368 in: SCHWENKE, W. (Hrsg.), Die Forstschädlinge Europas, Band 3, Schmetterlinge. – Hamburg, Berlin (Parey), viii + 467 S.

WESELOH, R. M. (1988): Effects of microhabitat, time of day, and weather on predation of gypsy moth larvae. – Oecologia **77:** 250–254.

––––– (1989): Simulation of predation by ants based on direct observations of attacks on gypsy moth larvae. – Canad. Entomol. **121:** 1069–1076.

––––– (1990): Simulation of litter residence times of young gypsy moth larvae and implications for predation by ants. – Entomol. exp. & appl. **57:** 215–221.

Anschriften der Verfasser:

Dipl.-Biol. Wolfgang A. NÄSSIG, Schumacherstraße 8,
D-63165 Mühlheim/Main

Petra ZUB, Platenstraße 59, D-60320 Frankfurt am Main